

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005 年 1 月 20 日 (20.01.2005)

PCT

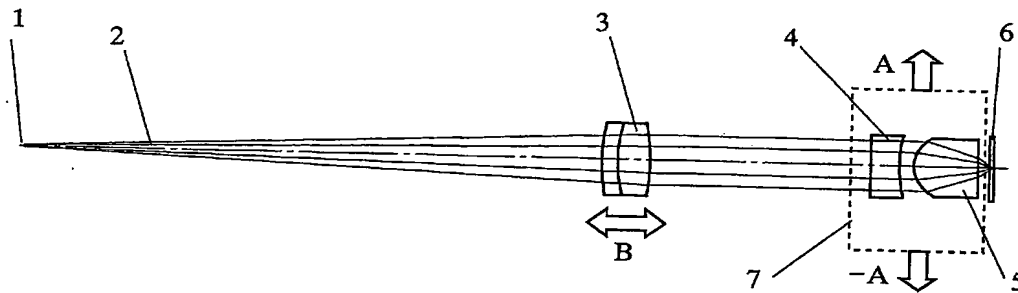
(10) 国際公開番号
WO 2005/006321 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G11B 7/135 (74) 代理人: 小笠原 史朗 (OGASAWARA, Shiro); 〒5640053 大阪府吹田市江の木町 3 番 1 1 号 第 3 ロン
チェビル Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/010159
- (22) 国際出願日: 2004 年 7 月 9 日 (09.07.2004) (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-195582 2003 年 7 月 11 日 (11.07.2003) JP
特願2004-137594 2004 年 5 月 6 日 (06.05.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 林 克彦 (HAYASHI, Katsuhiko). 田中 康弘 (TANAKA, Yasuhiro). 山形 道弘 (YAMAGATA, Michihiro). 金馬 慶明 (KOMMA, Yoshiaki). 山崎 文朝 (YAMASAKI, Fumitomo).
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL PICKUP LENS DEVICE AND INFORMATION RECORDING AND REPRODUCING DEVICE USING THE SAME

(54) 発明の名称: 光ピックアップ用レンズ装置及びそれを用いた情報記録再生装置



(57) Abstract: An optical pickup lens device comprises a collimate means held for movement along the direction of the optical axis of optical flux emitted from a light source and adapted to convert the optical flux into parallel rays or predetermined converging or diverging light, an aberration control element permeable by optical flux emitted from the collimate means, and an objective lens having a numerical aperture of 0.8 or more and adapted to cause optical flux emerging from the aberration control element to focus on the information recording medium to form a spot, these components being arranged in the order mentioned as seen from the light source. For the purpose of tracking the information recording medium, the aberration control element and objective lens are integrally held in a direction orthogonal to the optical axis, satisfying predetermined conditions.

(57) 要約: 光ピックアップ用レンズ装置は、光源側から順に、光源から放射された光束の光軸の方向に沿って移動可能に保持され、光束を平行光もしくは所定の収束又は発散光に変換するコリメート手段と、コリメート手段から放射された光束を透過する収差補正素子と、開口数が 0.8 以上であり、収差補正素子から出射した光束を前記情報記録媒体上に集光してスポットを形成する対物レンズ素子とを備える。収差補正素子と対物レンズ素子とは、情報記録媒体のトラッキングを行うために、前記光軸に直交する方向に一体的に保持されており、所定の条件を満足する。

WO 2005/006321 A1



— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

光ピックアップ用レンズ装置及びそれを用いた情報記録再生装置

技術分野

本発明は、光ピックアップ用レンズ装置に関し、特定のには、390nmから420nmの波長の光束を用いたDVD（Digital Versatile Disk）装置やコンピュータ用の光記録装置等の高密度記録が可能な光情報記録装置に適用される光ピックアップ用レンズ装置に関する。また、本発明は、上記光ピックアップ用レンズ装置を備える情報記録再生装置に関する。

背景技術

従来、光ピックアップ用レンズ装置は、光源の波長が650nm以上で、対物レンズ素子の開口数が $NA = 0.6$ 程度で用いられていたもので、軸上色収差や倍率色収差によるスポットのずれ量は問題にならない程度であった。

ところが、近年、情報記録媒体の大容量化に伴い、光情報記録装置における光源の短波長化と高NA化（開口数）が進展している。このような短波長領域ではレンズ素子等の光学材料の分散が非常に大きいため、わずかな光束の波長の変化により、光学材料の屈折率が大きく変化する。したがって、近年の光ピックアップレンズ装置は、色収差の補正を考慮する必要があった。

特に、DVDレコーダ等で現在普及しているDVD±RW等の光情報記録装置は、媒質の相変化を利用して情報の記録及び消去を行うので、情報を書き込むあるいは消去する際の光パワーと、書き込まれた情報を読み取る際の光パワーとを異ならせている。このため、相転移型の媒体を用いる光情報記録装置は、記録又は消去と、再生との切り替えに際し光源が放射する光束の波長が大きく変化することが原理的に避けられない。

したがって、相転移型の媒体を用いる光情報記録装置は、光ピックアップ用レンズ装置の色収差補正が重要な課題となっている。相転移型の媒体を用いる光ピックアップ装置において、レンズ装置の色収差を補正しない場合、光源が放射する波長の変化により急激な焦点位置変動が生じ、フォーカス制御が行われなくなる可能性があるからである。

従来、これらの色収差を抑えるために、特開昭64-19316号公報、特開平7-294707号公報及び特開平11-337818号公報に記載されたように対物レンズ素子に色収差補正機能を持たせる技術、光源と対物レンズ素子との間に配置されるコリメートレンズに色収差補正機能を持たせる技術、光路中に別途色収差補正素子を挿入し、色収差を過剰補正にして対物レンズ素子の色収差をキャンセルさせる技術等が提案されている。

発明の開示

しかしながら、従来の色収差補正を実現する各構成は、

スポット径が非常に小さく、トラック幅も非常に狭い高密度記録の情報記録媒体の光ピックアップ用レンズ装置においては不十分なものであった。

本発明の目的は、大きな色収差補正機能を持ちつつ、安定したトラッキングが可能な光学ピックアップ用レンズ装置及びそれを用いた情報記録再生装置を提供することである。

上記目的の一つは、以下の光ピックアップ用レンズ装置により達成される。光源から放射された 390 nm から 420 nm の波長域の光束を情報記録媒体上に集光してスポットを形成することにより、情報の読み出し、書込み、消去の内の少なくとも一つを行う光ピックアップ装置に用いられる光ピックアップ用レンズ装置であって、光源側から順に、光源から放射された光束の光軸の方向に沿って移動可能に保持され、光束を平行光もしくは所定の収束又は発散光に変換するコリメート手段と、コリメート手段から放射された光束を透過する収差補正素子と、開口数が 0.8 以上であり、収差補正素子から出射した光束を情報記録媒体上に集光してスポットを形成する対物レンズ素子とを備え、収差補正素子と対物レンズ素子とは、情報記録媒体のトラッキングを行うために、光軸に直交する方向に一体的に保持されており、以下の条件を満足する。

$$-0.1 \leq CA_t \leq 0.1 \quad \cdot \cdot (1)$$

$$-20 \leq CA_f \leq 20 \quad \cdot \cdot (2)$$

$$-20 \leq CA_m \leq 0 \quad \cdot \cdot (3)$$

$$-0.25 \leq \theta_f \leq 0.25 \quad \cdot \cdot (4)$$

$$-0.75 \leq \theta_m \leq 0.75 \cdots (5)$$

但し、

C A t : 全光学系の軸上色収差 [$\mu\text{m} / \text{nm}$]

C A f : コリメート手段の軸上色収差 [$\mu\text{m} / \text{nm}$]

C A m : 収差補正素子の軸上色収差 [$\mu\text{m} / \text{nm}$]

θ_f : コリメート手段の出射光束の単位波長当たりの角度変化量 [min / nm]

θ_m : 収差補正素子の出射光束の単位波長当たりの角度変化量 [min / nm]

である。

好ましくは、収差補正素子は、回折により光束を偏向するパワーを持つ回折レンズである。また、好ましくは、収差補正素子は、光軸を中心とする同心円によって規定される輪帯状の複数の領域と、領域間の境界部に形成される位相段差とを含む位相段差面を持つ。

上記目的の一つは、以下の光ピックアップ装置により達成される。情報記録媒体上に光束を集光してスポットを形成することにより、情報の読み出し、書込み、消去の内の少なくとも一つを行う光ピックアップ装置であって、390 nm から 420 nm の波長域の光束を放射する光源と、光源から放射された光束の光軸の方向に沿って移動可能に保持され、光束を平行光もしくは所定の収束又は発散光に変換するコリメート手段と、コリメート手段から放射された光束を透過する収差補正素子と、開口数が0.8以上であり、収差補正素子から出射した光束を情報記録媒体上に集光してスポットを形成する対物レンズ素子とを備え、収

差補正素子と対物レンズ素子とは、情報記録媒体のトラッキングを行うために、光軸に直交する方向に一体的に保持されており、以下の条件を満足する。

$$-0.1 \leq CA t \leq 0.1 \quad \cdot \cdot (1)$$

$$-20 \leq CA f \leq 20 \quad \cdot \cdot (2)$$

$$-20 \leq CA m \leq 0 \quad \cdot \cdot (3)$$

$$-0.25 \leq \theta f \leq 0.25 \quad \cdot \cdot (4)$$

$$-0.75 \leq \theta m \leq 0.75 \quad \cdot \cdot (5)$$

但し、

$CA t$: 全光学系の軸上色収差 [$\mu m / nm$]

$CA f$: コリメート手段の軸上色収差 [$\mu m / nm$]

$CA m$: 収差補正素子の軸上色収差 [$\mu m / nm$]

θf : コリメート手段の出射光束の単位波長当たりの角度変化量 [min / nm]

θm : 収差補正素子の出射光束の単位波長当たりの角度変化量 [min / nm]

である。

本発明によれば、大きな色収差補正機能を持ちつつ、安定したトラッキングが可能な光学ピックアップ用レンズ装置及びそれを用いた情報記録再生装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施の形態1における光ピックアップ装置の基本概略構成図である。

図2は、本発明の実施の形態1における実施例1のコリ

メートルレンズの収差を示す図である。

図 3 は、本発明の実施の形態 1 における実施例 1 の回折レンズの収差を示す図である。

図 4 は、本発明の実施の形態 1 における比較例のコリメートルレンズの収差を示す図である。

図 5 は、本発明の実施の形態 1 における比較例の回折レンズの収差を示す図である。

図 6 は、本発明の実施の形態 1 における光ピックアップ装置の概略構成図である。

図 7 は、実施の形態 2 に係る光ピックアップ装置の概略構成図である。

図 8 は、実施の形態 2 に係る光ピックアップ装置に用いられるレンズ装置を示す概略構成図である。

図 9 は、実施の形態 2 に係る光ピックアップ装置に用いられるレンズ装置の収差補正素子の位相段差面の構造を表す模式図である。

図 10 は、数値実施例 2 のレンズ装置の波長 $410\text{ nm} \pm 10\text{ nm}$ における球面収差を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

(実施の形態 1)

図 1 は本発明の実施の形態 1 に係る光ピックアップ用レンズ装置の概略構成図である。実施の形態 1 に係る光ピックアップ用レンズ装置は、光源 1 と、コリメートルレンズ 3 (コリメート手段) と、回折レンズ 4 (収差補正素子) と、対物レンズ 5 と、アクチュエータ 7 とを備える。光源 1

は、半導体レーザからなり、390nmから420nmの範囲にある波長の光束2を放射する。

図1において、半導体レーザからなる光源1から出射された光束2はコリメートレンズ3により略平行光となる。そして、回折レンズ4を透過し、対物レンズ5により情報記録媒体6上に集光される。

ここで、回折レンズ4は対物レンズ5とともに、その光軸が略一致された状態でアクチュエータ7に取り付けられ、これにより光軸方向に対して直角方向に矢印A、-Aで示すように移動可能になっており、波長が変わって光束が発散、収束してもスポットのトラック方向のずれ修正、すなわちトラッキングが行われる。

また、コリメートレンズ3は色消しの接合レンズからなり、光学系で発生する球面収差を補正することができるように光軸方向に矢印Bで示すように移動可能である。これにより、対物レンズ5に入射する光束の角度を変化させることができ、情報記録媒体6の厚みの違いまたは光学系を構成する各光学素子が原因で発生する球面収差をキャンセルすることができる。

実施の形態1に係る光ピックアップ用レンズ装置は、以下の条件を満足している。

$$-0.1 \leq CA_t \leq 0.1 \quad \cdot \cdot (1)$$

$$-20 \leq CA_f \leq 20 \quad \cdot \cdot (2)$$

$$-20 \leq CA_m \leq 0 \quad \cdot \cdot (3)$$

$$-0.25 \leq \theta_f \leq 0.25 \quad \cdot \cdot (4)$$

$$-0.75 \leq \theta_m \leq 0.75 \quad \cdot \cdot (5)$$

但し、

$C A t$: 全光学系の軸上色収差 $[\mu m / nm]$

$C A f$: コリメート手段の軸上色収差 $[\mu m / nm]$

$C A m$: 収差補正素子の軸上色収差 $[\mu m / nm]$

θf : コリメート手段の出射光束の単位波長当たりの角度変化量 $[min / nm]$

θm : 収差補正素子の出射光束の単位波長当たりの角度変化量 $[min / nm]$

である。

全光学系の軸上色収差である $C A t$ が $-0.1 [\mu m / nm]$ より小さい場合や $0.1 [\mu m / nm]$ より大きい場合、波長変動による光軸方向のスポット移動量が大きい
ため安定した記録・再生を行うことが難しく、好ましくない。

また、コリメート手段の軸上色収差 $C A f$ が $-20 [\mu m / nm]$ より小さい場合、収差補正素子の軸上色収差 $C A m$ が 0 の時、スポットずれ量が $10 nm$ を超えるので、
好ましくない。コリメート手段の軸上色収差 $C A f$ が $20 [\mu m / nm]$ より大きい場合、収差補正素子で上記条件
(1) を満足することが困難になり好ましくない。

また、収差補正素子の軸上色収差 $C A m$ が $-20 [\mu m / nm]$ より小さい場合、コリメート手段が色収差不足の
状態であっても、上記 (1) 式を満足できないので好ま
しくない。収差補正素子の軸上色収差 $C A m$ が 0 より大きい
場合、対物レンズ素子の色収差を補正できないので好ま
しくない。

また、コリメート手段の出射光束の単位波長当たりの角度変化量 θ_f が -0.25 [min/nm] より小さい場合、あるいは 0.25 [min/nm] より大きい場合、収差補正素子の色収差が 0 であっても、スポットずれ量は 10 nm を超えるので好ましくない。

また、収差補正素子の出射光束の単位波長当たりの角度変化量 θ_m が -0.75 [min/nm] より小さい場合、あるいは 0.75 [min/nm] より大きい場合、光学系の倍率と、対物レンズ素子の開口数 NA とが大きく変化するため、光ピックアップ装置の構成上好ましくない。

図 6 は本発明の実施の形態 1 に係る光ピックアップ用レンズ装置を適用した光ピックアップ装置の概略構成図である。図 6 において、図 1 と同一の構成要素については、同一の符号を付してある。図 6 において、半導体レーザからなる光源 1 から出射した光束はビームスプリッタ 8 を透過し、コリメートレンズからなるコリメート手段 3 により略平行光となる。そして、回折レンズからなる収差補正素子 4 を透過し、対物レンズ 5 により情報記録媒体 6 の情報記録面 6 a 上に集光される。情報記録面 6 a 上に集光された集光スポットはその情報記録面 6 a に形成された反射率の異なるピットで反射され、その反射レーザ光は対物レンズ 5、収差補正素子 4、コリメート手段 3 を透過してビームスプリッタ 8 で反射し、検出レンズ 9 で屈折して受光素子 10 上に集光される。前記受光素子 10 からの電気信号により、情報記録面 6 a で変調された光量変化を検出し、情報記録媒体 6 に記録されているデータを読み取る。

ここで、収差補正素子 4 と対物レンズ 5 はともにアクチュエータ 7 に取付けられて矢印 A、 $-A$ 方向、すなわち光軸方向に直交する方向に移動可能であり、また、コリメートレンズ 3 は、矢印 B で示すように光軸方向に移動可能に構成されている。

なお、実施の形態 1 において、コリメートレンズは張り合わせレンズからなるものとしたが、色補正機能を有する回折レンズまたは色補正機能を持たない単レンズであってもよい。また、収差補正素子は回折レンズからなるものとしたが、色収差補正機能を有する接合レンズであってもよい。しかしながら、回折レンズは、樹脂で成形できるため重量的に軽く、対物レンズとともにアクチュエータに取付けて移動させるのに有利である。

また、収差補正素子、すなわち回折レンズと対物レンズは別体構成をとっているが、対物レンズの少なくとも一面に回折構造を備える一体型であってもよい。

(数値実施例 1)

次に、実施の形態 1 に係る光ピックアップ用レンズ装置を具体化した数値実施例を比較例とともに説明する。実施例 1 と比較例とは、コリメートレンズ 3 と回折レンズ 4 との設計値のみ相違する。実施例 1 と比較例とは、ともに全光学系での軸上色収差が、 $0.09 \mu\text{m}/\text{nm}$ と等しいが、コリメートレンズ 3 の軸上色収差と出射角度変化量が、回折レンズ 4 と異なるため、スポットずれ量が大きく異なる。

実施例 1 のコリメートレンズ 3、回折レンズ 4、対物レ

レンズ 5 の具体的な数値構成を表 1 に示し、また同様に比較例の数値構成を表 2 に示す。それぞれにおいて、設計波長は 410 nm を中心とする。また、実施例 1 及び比較例において、回折レンズ 4 へは平行ビームが入射することとし、出射側の平行ビームの直径は、2.21 mm とした。面番号 1 ～ 4 がコリメートレンズ 3、面番号 5 ～ 8 が回折レンズ 4、面番号 9, 10 が対物レンズ 5、面番号 11, 12 が媒体である情報記録媒体 6 の保護層を示している。ただし、 r はレンズ各面の曲率半径（但し、情報記録媒体は保護層面）、 d はレンズ厚、 n_λ は各レンズの波長 λ nm での屈折率、 ν は各レンズのアッベ数である。また、回折面に形成される位相格子は超高屈折率法により表現した（超高屈率法については、William C.Sweatt : Describing holographic optical elements as lenses : Journal of Optical Society of America, Vol.67, No.6, June 1977）。

また、非球面形状は、以下の（数 1）で与えられる。

$$X = \frac{C_j h^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k_j) C_j^2 h^2}} + \sum A_{j,n} h^n \quad (\text{数 1})$$

但し、各符号の意味は、以下の通りである。

X : 光軸からの高さが h の非球面上の点の非球面頂点の接平面からの距離

h : 光軸からの高さ

C_j : 対物レンズの第 j 面の非球面頂点の曲率（ $C_j = 1 / R_j$ ）

K_j : 対物レンズの第 j 面の円錐定数

A_j, n : 対物レンズの第 j 面の n 次の非球面係数

但し、 $j = 1, 3, 14$

表 1

	面番号	r	d	n_{410}	ν_d
物点	1	—	6.114		
	2	平面	4.250	1.52957	64.2
	3	平面	1.100	1.56124	69.5
	4	—	5.793		
コリメート	5	84.725	0.500	1.73959	30.1
	6	12.469	0.000		
	7	12.469	1.000	1.68490	55.4
	8	-12.037	5.207		
回折	9	75113.020	0.000	4101.03141	-3.5
	10	平面	0.000		
	11	平面	0.500	1.52256	56.4
	12	9.402	2.000		
対物	13	1.097	1.907	1.77717	45.6
	14	-3.126	0.252		
ディスク	15	平面	0.100	1.61580	30.1
	16	平面			

K_{13}	-0.843174
$A_{13, 4}$	0.034142332
$A_{13, 6}$	0.036644763
$A_{13, 8}$	-0.09167153
$A_{13, 10}$	0.14483359
$A_{13, 12}$	-0.07839237
$A_{13, 14}$	-0.01510398
$A_{13, 16}$	0.017046335
K_{14}	33.80017
$A_{14, 4}$	0.25550467
$A_{14, 6}$	14.441438
$A_{14, 8}$	-164.31079
$A_{14, 10}$	722.07909
$A_{14, 12}$	-732.06737
$A_{14, 14}$	-3351.5353
$A_{14, 16}$	7740.7264

表 2

物点	面番号	r	d	n410	νd
	1	—	6.036		
	2	平面	4.25	1.52957	64.2
	3	平面	1.1	1.56124	69.5
	4	—	5.773		
コリメート	5	42.891	0.500	1.73959	30.1
	6	2.200	0.000		
	7	2.200	1.000	1.68490	55.4
	8	-10.000	5.227		
回折	9	191418.600	0.000	4101.03141	-3.45
	10	0.000	0.000		
	11	0.000	0.500	1.52256	56.4
	12	24.225	2.000		
対物	13	1.097	1.907	1.77717	45.6
	14	-3.126	0.252		
ディスク	15	平面	0.100	1.61580	30.1
	16	平面			

K13	-0.843174
A13, 4	0.034142332
A13, 6	0.036644763
A13, 8	-0.09167153
A13, 10	0.14483359
A13, 12	-0.07839237
A13, 14	-0.01510398
A13, 16	0.017046335
K14	33.80017
A14, 4	0.25550467
A14, 6	14.441438
A14, 8	-164.31079
A14, 10	722.07909
A14, 12	-732.06737
A14, 14	-3351.5353
A14, 16	7740.7264

実施例 1 のコリメートレンズ 3 の収差を図 2 に示す。図 2 (a) は球面収差 S A を、図 2 (b) は正弦条件 S C の違反量を示す。また、実施例 1 の収差補正素子である回折レンズ 4 の収差を図 3 に示す。図 3 (a) は球面収差 S A を、図 3 (b) は正弦条件 S C の違反量を示す。

図 2 (a) に示すように、コリメートレンズ 3 の球面収

差 S A はほぼ良好に補正されている。また図 2 (b) に示すように、正弦条件 S C もほぼ補正されている。

比較例のコリメートレンズ 3 の収差を図 4 に示す。図 4 (a) に示すように、コリメートレンズ 3 の球面収差 S A はほぼ良好に補正されている。同じく図 4 (b) に示すように、正弦条件 S C も良好に補正されている。比較例の回折レンズ 4 の収差を図 5 に示す。図 5 (a) に示すように、回折レンズ 4 の球面収差 S A はほぼ良好に補正されており、同じく図 5 (b) に示すように正弦条件 S C も良好に補正されている。

表 3 に、実施例 1、比較例のそれぞれについて、コリメートレンズ 3、回折レンズ 4、対物レンズ 5 のそれぞれの焦点距離、有効径、軸上色収差、全光学系における軸上色収差を示す。

表 3

		コリメート	回折レンズ	対物レンズ	全光学系	単位
	焦点距離	16.4	アフォーカル	1.3		mm
	有効径	2.80	3.00	2.21		mm
実施例 1	軸上色収差	-0.05	-15.66	0.29	0.09	$\mu\text{m}/\text{mm}$
比較例	軸上色収差	-25.56	-5.99	0.29	0.09	$\mu\text{m}/\text{mm}$

また、表 4 に、実施例 1、比較例のそれぞれについて、コリメートレンズ 3、回折レンズ 4、それぞれの光源単位波長当たりの出射角度変化量を示す。 $\theta 1$ は実施例 1 の対物レンズ 5 と回折レンズ 4 が一体で情報記録媒体 6 のトラック方向に $150 \mu\text{m}$ シフトしている時の光源波長変化 1 nm 当たりのコリメートレンズ 3、回折レンズ 4 のそれぞ

れの光束出射角変化量を示す。 $\theta 2$ は比較例の同じく光束出射角変化量である。

表 4

	コリメート	回折レンズ	単位
$\theta 1$	0.001	0.590	min/mm
$\theta 2$	0.470	0.697	min/mm

さらに、表 5 は、実施例 1、比較例のそれぞれについて、光源波長単位変化当たりの焦点トラック方向のスポットずれ量を示す。D 1 は実施例 1 で対物レンズ 5 と回折レンズ 4 が一体でディスクトラック方向に $150\ \mu\text{m}$ シフトした時の光源波長変化 $1\ \text{nm}$ 当たりの焦点における情報記録媒体 6 のトラック方向のスポット位置ずれ量を示す。D 2 は、比較例の同じくスポット位置ずれ量を示す。

表 5

	スポットずれ量	単位
D1	0	nm
D2	17.5	nm

実施例 1 においては、コリメートレンズ 3 は色収差補正が十分されており、回折レンズ 4 の色収差補正量が大きく色収差過補正の状態になっている。それに対して、比較例は、コリメートレンズ 3 が大きく色収差過補正の状態であり、回折レンズ 4 の色収差補正量は実施例 1 より小さい。そのため、表 4 で示すように、色収差に比例してコリメートレンズ 3 と回折レンズ 4 の出射光束の発散・収束の度合いが大きくなっていることが分かる。そして、表 5 で示す

ように、全光学系では同じ色収差を持つ光ピックアップ装置でも色収差補正量の配分の違いにより、ディスクトラック方向のスポットずれ量が大きく変わる。実施例 1 は波長 1 nm 当たり 0.0 nm とほぼスポットずれは起こさない。したがって、安定した記録再生を行うことができる。比較例では波長 1 nm 当たり 17.5 nm もスポットが急峻に移動し、オフトラックの危険性が十分にある。

上記コリメートレンズ 3 は十分に色補正されていることが望ましく、十分に色補正がなされていないと、このコリメートレンズ 3 から出射される略平行光が波長変化に対して発散、収束を起こすからである。この角度変化量は対物レンズ 5 がシフトしている場合はスポットずれ量に影響してくる。

現状では、対物レンズ 5 のシフト量が 150 μ m に対して、波長が 1 nm 変化したとき、安定してトラッキングできるディスクトラック方向のスポットずれ量は、10 nm 未満と考えられている。

色過補正状態や、色補正不足状態であると光源の単位波長変化当たりの出射光束角度の変化量が大きくなる。すなわち、光源の波長変化が起こった時、出射光束の発散と収束の角度が大きくなり、収差補正素子である回折レンズ 4 と対物レンズ 5 を常に同軸状態でシフトさせても、その可動部に軸外から光が入射するため、焦点におけるスポットのトラック方向の移動量が大きくなる。

実施例 1 によれば、短波長域において光源の急峻な波長変動に対して大きな軸上色収差を補正することができる。

また、対物レンズがトラッキングのために光軸が情報記録媒体のトラック方向にシフトしている状態で、前記波長変動が生じた場合でも、焦点におけるスポットの情報記録媒体のトラック方向の移動量を抑えることが可能となる。すなわち、大きな軸上色収差補正量と大きな倍率色収差補正量を持っている。これに対して、比較例は同じ軸上色収差補正量を持ちながら、倍率色収差補正量は小さい。

以上説明したように、実施の形態 1 に係る光ピックアップ用レンズ装置によれば、コリメート手段と収差補正素子のそれぞれの色収差補正量を適度に配分することにより、トラッキングのため対物レンズが光軸からシフトしている時に、光源の波長が俊敏に変動した場合でも、軸方向だけでなく、ディスクトラック方向のスポットずれを最小限に抑えることが可能である。したがって、実施の形態 1 に係る光ピックアップ用レンズ装置は、オフトラックの危険性を抑えることができる。すなわち、実施の形態 1 に係る光ピックアップ用レンズ装置は、短波長域、高開口数 NA のために対物レンズで発生する大きな軸上色収差を補正しつつ、かつ倍率色収差であるスポットずれ量を抑えることができる。

(実施の形態 2)

以下、実施の形態 2 に係る光ピックアップ用レンズ装置を説明する。光ピックアップ装置のレンズ装置において色収差を補正する従来技術として、特開平 7 - 2 9 4 7 0 7 号公報及び特開平 1 1 - 3 3 7 8 1 8 号公報は、同心円状に形成された多数の輪帯を備える回折レンズ構造を利用し

て色収差補正を行う対物レンズを提案している。特開平 7-294707 号公報及び特開平 11-337818 号公報は、対物レンズに回折レンズ構造を精度よく安価に形成するため、樹脂材料を用いて射出成型法で製造することを提案している。

特開平 7-294707 号公報に記載された対物レンズは、780 nm の波長の光束に対して用いることを想定している。また、特開平 11-337818 号公報に記載された対物レンズは、650 nm を基準波長とする光束に対して用いることを想定している。特開平 7-294707 号公報及び特開平 11-337818 号公報に記載された対物レンズを、基準波長が 420 nm 以下といった短波長領域の波長の光束に対して用いた場合、十分な色収差の補正効果を得るために必要とする輪帯の数が多くなるとともに、輪帯の間隔が小さくなる。これは、上記のように短波長領域でレンズ材料の屈折率の波長依存性が大きくなることに伴って、補正すべき色収差の量が大きくなるためである。

特開平 7-294707 号公報及び特開平 11-337818 号公報に記載された対物レンズにおいて、輪帯の数が多くなり輪帯の間隔が小さくなると、対物レンズの製造が非常に困難になる。まず、輪帯の数が多くなり輪帯の間隔が小さくなると、そのような微細な形状に対応する射出成形用の金型の加工が困難である。また、金型の加工が可能であったとしても、微細な金型の形状を樹脂の粘性等により十分に転写することが難しい。この結果、特開平 7-

2 9 4 7 0 7 号 公 報 及 び 特 開 平 1 1 - 3 3 7 8 1 8 号 公 報 に 記 載 さ れ た 対 物 レ ン ズ を 基 準 波 長 が 4 2 0 n m 以 下 と い っ た 短 波 長 領 域 の 波 長 の 光 束 に 対 し て 用 い た 場 合 、 対 物 レ ン ズ を 設 計 値 通 り に 製 造 す る こ と は 困 難 で あ り 、 形 状 誤 差 に 基 づ く 光 量 損 失 が 大 き い 対 物 レ ン ズ を 得 る こ と し か で き な か っ た 。

実 施 の 形 態 2 の 目 的 は 、 上 記 課 題 に 鑑 み 、 基 準 波 長 が 4 2 0 n m 以 下 と い っ た 短 波 長 領 域 の 波 長 の 光 束 に 対 し て 用 い て も 、 製 造 が 容 易 で 高 性 能 な 光 ピ ッ ク ア ッ プ 用 レ ン ズ 装 置 及 び そ の レ ン ズ 装 置 に 用 い ら れ る 収 差 補 正 素 子 を 提 供 す る こ と で あ る 。 ま た 、 実 施 の 形 態 2 の 他 の 目 的 は 、 上 述 の レ ン ズ 装 置 を 備 え る 光 ピ ッ ク ア ッ プ 装 置 を 提 供 す る こ と で あ る 。

上 記 目 的 の 一 つ は 、 以 下 の 収 差 補 正 素 子 に よ り 達 成 さ れ る 。 入 射 さ れ る 光 束 を 透 過 さ せ る 収 差 補 正 素 子 で あ っ て 、 回 折 に よ り 光 束 を 偏 向 す る パ ワ ー を 持 つ 回 折 面 と 、 回 折 面 と は 異 な る 位 置 に 配 置 さ れ 、 光 束 の 光 軸 を 中 心 と す る 同 心 円 に よ っ て 規 定 さ れ る 輪 帯 状 の 複 数 の 領 域 と 、 領 域 間 の 境 界 部 に 形 成 さ れ る 位 相 段 差 と を 含 む 位 相 段 差 面 と を 備 え 、 位 相 段 差 は 、 互 い に 異 な る 領 域 を 透 過 す る 光 束 の 間 に 基 準 波 長 に 対 し て 2π ラ ジ ア ン の 整 数 倍 と な る 位 相 差 を 発 生 す る 。

実 施 の 形 態 2 に 係 る 収 差 補 正 素 子 は 、 以 上 の 構 成 を 備 え て い る の で 、 基 準 波 長 の 光 束 に 対 し て は 球 面 収 差 を 発 生 さ せ ず 、 基 準 波 長 か ら ず れ た 波 長 の 光 束 に 対 し て 球 面 収 差 を 発 生 さ せ る 素 子 を 提 供 す る こ と が で き る 。 そ し て 、 こ の 球

面収差を回折面の球面収差を協働させることにより、回折面の輪帯数を多数形成することなく、かつ輪帯の幅を小さくすることもなく、所望の大きな球面収差を発生させることができる。

好ましくは、位相段差は、互いに異なる領域を透過する光束の間に、基準波長に対して 2π ラジアンとなる位相差を発生する。実施の形態 2 に係る収差補正素子は、以上の構成を備えているので、高次収差を発生させることなく、特に 3 次球面収差のみ補正することができる。

好ましくは、各領域の光軸に直交する方向の幅は、光軸から離れるに従って小さくなる。実施の形態 2 に係る収差補正素子は、以上の構成を備えているので、特に高 NA の対物レンズが発生させる、光軸から離れるに従って急激に増加する球面収差を補正することができる。

好ましくは、位相段差面は、各領域の光学面は、相異なる非球面定義式により規定される非球面である。実施の形態 2 に係る収差補正素子は、それぞれの領域毎に最適な異なる非球面で構成された収差補正素子は、以上の構成を備えているので、それぞれの領域毎に最適な異なる非球面で構成することができ、基準波長における球面収差を収差補正素子単体で補正することができる。

好ましくは、収差補正素子は、回折面を含むレンズ素子と、位相段差面を含むレンズ素子とを含む。一例として、収差補正素子は、一方の面に回折面を形成し、他方の面に位相段差面を形成してなる単一のレンズ素子からなる。実施の形態 2 に係る収差補正素子は、以上の構成を備えてい

るので、製造する際の成形及び組立調整を容易にし、境界面で発生する面間反射を発生させない。

上記目的の一つは、以下のレンズ装置により達成される。光源から放射された光束を光情報記録媒体上に集光してスポットを形成することにより、情報の読み出し・書き込み・消去、の内の少なくとも一つを行う光ピックアップ装置に用いられるレンズ装置であって、光源側から光情報記録媒体側へ向けて順に、光源から放射した光束を透過する収差補正素子と、収差補正素子から出射した光束を情報記録媒体上に集光してスポットを形成する対物レンズ系とを備え、収差補正素子は、回折により光束を偏向するパワーを持つ回折面と、回折面とは異なる位置に配置され、光束の光軸を中心とする同心円によって規定される輪帯状の複数の領域と、領域間の境界部に形成される位相段差とを含む位相段差面とを含み、位相段差は、互いに異なる領域を透過する光束の間に基準波長に対して 2π ラジアン of 整数倍となる位相差を発生する。

実施の形態2に係るレンズ装置は、以上の構成を備えているので、光源に用いられる半導体レーザの個体バラツキが大きかったり、温度変化により発振波長が変化したりして、発振波長が基準波長からずれた場合であっても、光束を光情報記録媒体上に集光して良好にスポットを形成することができる。

好ましくは、基準波長が 420 nm 以下である光束に対して用いられる。また、好ましくは、基準波長に対して数 nm の範囲の波長を持つ光束に対して用いられる。

光情報記録媒体上に光束を集光してスポットを形成することにより、情報の読み出し・書き込み・消去、の内の少なくとも一つを行う光ピックアップ装置であって、光束を放射する光源と、光源から放射した光束を集光して、光情報記録媒体上にスポットを形成する集光部と、光情報記録媒体で反射された光束を、光源から集光部までの光束の光路から分離する分離部と、分離部により分離された光束を受光する受光部とを備え、集光部は、光源から放射した光束を透過する収差補正素子と、収差補正素子から出射した光束を情報記録媒体上に集光してスポットを形成する対物レンズ系とを有するレンズ装置を含み、収差補正素子は、回折により光束を偏向するパワーを持つ回折面と、回折面とは異なる位置に配置され、光束の光軸を中心とする同心円によって規定される輪帯状の複数の領域と、領域間の境界部に形成される位相段差とを含む位相段差面とを含み、位相段差は、互いに異なる領域を透過する光束の間に基準波長に対して 2π ラジアン の整数倍となる位相差を発生する。

実施の形態 2 に係る光ピックアップ装置は、以上の構成を備えているので、光源に用いられる半導体レーザが個体バラツキが大きかったり、温度変化により発振波長が変化したりして、発振波長が基準波長からずれた場合であっても、トラッキングエラーを生じることなく良好に光情報記録媒体上に情報を記録したり、光情報記録媒体から情報を消去したり、光情報記録媒体から情報を読み出したりすることができる。

実施の形態 2 によれば、基準波長が 420 nm 以下といった短波長領域の波長の光束に対して用いても、製造が容易で高性能な光ピックアップ用レンズ装置及びそのレンズ装置に用いられる収差補正素子を提供することができる。また、実施の形態 2 によれば、上述のレンズ装置を備える光ピックアップ装置を提供することができる。以下、実施の形態 2 について、図面を参照しつつ説明する。

図 7 は、実施の形態 2 に係る光ピックアップ装置の概略構成図である。実施の形態 2 に係る光ピックアップ装置 30 は、光源部 LS と、集光部 CO と、分離部 SP と、受光部 RE とを備える。光源部 LS は、半導体レーザ 26 からなる。半導体レーザ 26 は、基準波長が 410 nm であるレーザ光を放射する。集光部 CO は、コリメートレンズ 24 と、レンズ装置 21 とからなる。コリメートレンズ 24 は、二枚のレンズ素子を貼り合わせて形成された、貼り合わせレンズである。レンズ装置 21 は、収差補正素子 22 と対物レンズ 23 とを含む。レンズ装置 21 の構成については、後で詳述する。分離部 SP は、ビームスプリッタ 25 からなる。ビームスプリッタ 25 は、直角二等辺三角形形状の底面を持つ三角柱形状の二個のプリズムを接合して形成されており、接合面に一定の割合の光束を透過する一方、残りを反射する機能を持つ光学膜を有する。

受光部 RE は、検出レンズ 27 と、受光素子 28 とを含む。受光素子 28 は、入射した光束を強度に応じた電気信号に変換するフォトダイオードである。また、対物レンズ 23 の収差補正素子 22 と隣接しない側に配置された板状

部材は、光ピックアップ装置 30 により情報が記録・再生・消去される対象となる情報記録媒体 29 の一部を表す。なお、光記録媒体 9 は、光束が集光される。情報記録面 29a と情報記録面 29a より光源側にある光源からの光束に対して透明な保護部分とを示しており、基板に相当する構成は図示を省略している。

図 7 において、半導体レーザ 26 から出射した光束は、ビームスプリッタ 25 を透過し、接合レンズからなるコリメートレンズ 24 によって略平行光にされ射出される。略平行光となった光束は、収差補正素子 22 を透過し、対物レンズ 23 により情報記録媒体 29 の情報記録面 29a 上にスポットとして集光される。

スポットとして集光された光束は、情報記録面 29a 上に形成された反射率の異なるピットで反射される。情報記録面 29a に形成されたピットで反射された光束は、対物レンズ 23、収差補正素子 22、コリメートレンズ 24 の順に透過して、ビームスプリッタ 5 に至る。光束は、ビームスプリッタ 25 で反射され、検出レンズ 27 を透過する。さらに、光束は、検出レンズ 27 により調整された集光位置に配置される受光素子 28 の受光面にスポットを形成する。受光素子 28 は、情報記録面 29a で変調された光束の光量変化を電気的な信号に変換する。光ピックアップ装置は、受光素子 28 から出力される電気的な信号により光情報記録媒体上に格納されたデータを読み取る。

図 8 は、実施の形態 2 に係る光ピックアップ装置に用いられるレンズ装置を示す概略構成図である。収差補正素子

22は、光源側から順に、回折面S1と、位相段差面S3とを含み、樹脂を材料とするレンズである。また、対物レンズ23は、光源側の屈折面S4と、光情報記録媒体側の屈折面S5とからなる。

回折面S1は、面に入射する入射光から回折光を発生させ収束させる正パワーの光学面として機能する。回折面S1は、+1次回折光の光量が最大になるように回折効率が設定されている。また、位相段差面S3は、回折光に対して負パワーの光学面として機能し、回折面S1の正パワーと絶対値が等しいパワーを持つ。この結果、収差補正素子22は、基準波長の光束に対してノンパワーであり、平行光束が入射した場合、平行光束として出射させる。

図9は、実施の形態2に係る光ピックアップ装置に用いられるレンズ装置の収差補正素子の位相段差面の構造を表す模式図である。位相段差面S3は、光束の光軸を中心とする同心円によって規定される輪帯状の複数の領域と、領域間の境界部に形成される位相段差とを含む。図9において、光軸を含む中心を領域1とし、領域1の半径をH1とする。以下、光軸から周辺へ向けて形成された輪帯状の領域を、光軸側から順に、領域2、領域3・・・領域nとする。また、領域2の外径をH2と、領域3の外径をH3と、領域nの外径をHnとする。また、領域1と領域2との間の段差の光軸に沿った方向の大きさをA1と、領域2と領域3との間の段差の光軸に沿った方向の大きさをA2と、領域n-1と領域nとの間の段差の光軸に沿った方向の大きさをAnとする。

実施の形態 2 に係るレンズ装置に用いられる収差補正素子 22 は、5 つの輪帯状の領域を持つ。各領域同士の境界部分は、 $\lambda_0 / (n_0 - 1)$ の整数倍（ここでは q とする）だけ光軸に沿った方向の大きさが大きくなるように構成されている。ここで、 λ_0 はこのレンズ装置に入射される半導体レーザ 26 の基準波長であり、 n_0 は波長 λ_0 の光に対する収差補正素子 22 の樹脂材料の屈折率である。

q の値は、半導体レーザ 26 の基準波長の 2π ラジアン
の位相に等しい。この結果、位相段差面 S3 を透過する相異なる 2 つの光束の間の位相差は 2π の整数倍になり、位相段差面 S3 は透過する光束の球面収差を変化させない。また、対物レンズ 23 は、基準波長に対して収差補正がなされており、基準波長の光束が入射した場合、情報記録媒体 29 の情報記録面 29a 上に良好なスポットを形成する。

一方、半導体レーザ 26 の発振する波長が、各素子間の個体バラツキや温度変化等に起因して基準波長から数 nm 変化した場合を考える。ここで、基準波長からずれた半導体レーザ 26 の発振波長を λ_1 と、波長 λ_1 に対する樹脂材料の屈折率を n_1 とする。このとき、位相段差面 S3 を透過する相異なる 2 つの光束の間の位相差は、 $2\pi q \lambda_0 (n_1 - 1) / ((n_0 - 1) \lambda_1)$ で表わされる。この値は、基準波長から数 nm 変化した波長に対して 2π の整数倍からずれているため、位相段差面 S3 を透過する光束は、球面収差を発生する。

位相段差面 S3 において発生する球面収差は、位相段差

面 S 3 に形成される各領域の半径を光学系の有効径に対してどの様に設定するか、及び各領域の面形状をどのようにするかにより調整することが可能である。したがって、半導体レーザ 2 6 が発振する光束の波長が基準波長から数 nm ずれた場合、回折面 S 1 で発生する球面収差と位相差面 S 3 で発生する球面収差との傾向を同方向であって、対物レンズ 2 3 が発生する球面収差とは逆方向になるように設計することができる。このように設計することにより、回折面 S 1 のみで球面収差を発生させる場合のように回折面 S 1 の周辺部における輪帯数を多数形成することなく、かつ輪帯の幅を小さくすることもなく、収差補正素子 2 2 単独で大きな収差を発生させることが可能になる。収差補正素子 2 2 と対物レンズ 2 3 との間で球面収差を相殺させることにより、光軸上の実質的な像点位置を補正することができ、結果として軸上色収差を補正することができる。

ところで、収差補正素子 2 2 の両面を回折面にすることによっても、回折面の輪帯数を多数形成することなく、かつ輪帯の幅を小さくすることもなく、大きな球面収差を発生させることが可能である。しかしながら、両面を回折面にすると、収差補正素子を透過する光束の内、光情報記録面上のスポット形成に用いられる光量損失が大きくなるため、好ましくない。したがって、実施の形態に係るレンズ装置のように、収差補正素子 2 2 の一方を回折面にし、他方を位相差面にする方が望ましい。

また、位相差面 S 3 に形成される各領域の間の段差の光軸に沿った方向の大きさは、相異なる領域を透過する基

準波長の光束の間に 2π ラジアン of 整数倍の位相差が生じるように設定されているが、この整数の値は求められる特性に応じて適宜設定することができる。例えば、 2π ラジアンに一致する位相差を与えるようにすると、基準波長から数 nm ずれた場合に生じる位相差が 2π からずれる量は少なくなる。したがって、収差補正量を大きく取るためには、段差を深くして位相差を大きくしなければならない。

逆に、位相段差の深さが深くなると、余計な高次の球面収差が増えてしまい全体の収差が劣化してしまうので、3 次球面収差のみ補正したい場合は、位相段差の深さは、必要最小である位相差 2π に相当する量に設定する方が望ましい。

また、実施の形態 2 で説明した収差補正素子 22 は、回折面 S1 と位相段差面 S3 とを一体的に形成したレンズ素子であったが、これに限られない。例えば、回折面のみを有するレンズ素子と位相段差面のみを有するレンズ素子との組み合わせでもよい。しかしながら、製造する際の成形及び組立調整と、境界面で発生する面間反射を考慮すると、収差補正素子 22 は、一体で形成された単一のレンズ素子により構成することが望ましい。

また、収差補正素子 22 と対物レンズ 23 とは、一体的に保持され、アクチュエータにより一体的に移動可能に構成されることが望ましい。

また、収差補正素子 22 は、光軸から離れるに従って光軸に直交する方向の各領域の幅が小さくなることが望ましい。対物レンズを単レンズ素子で構成し、NA 0.8 とい

った高NAで使用する場合、基準波長から数nmずれた際に発生する球面収差の量は光軸から直交する方向に離れるにしたがって、急激に増加する特性を持つ。この特性を補正するためには、収差補正素子22において発生させる球面収差の量も、周辺にいくにしたがって増やす必要がある。したがって、位相段差も周辺にいくほど数多く設ける必要があるので周辺にいくほど光軸に直交する方向の各領域の幅は狭く形成されることが好ましい。

また、位相段差面は、各領域の光学面を位相段差で接続したとき、単一の非球面定義式により規定される非球面にしても、相異なる非球面定義式により規定される非球面にしてもいずれでもよい。ただし、相異なる非球面定義式により規定される非球面にする方がよい好ましい。各領域が、それぞれの領域毎に最適な異なる非球面で構成された収差補正素子は、各領域が一つの非球面定義式により規定される収差補正素子と比較して、基準波長における球面収差を収差補正素子単体で補正することが可能になるからである。

すなわち、各領域が一つの非球面定義式により規定される収差補正素子は、各領域で光軸方向の厚さが異なるので、基準波長においても、球面収差あるいはパワー成分を発生してしまう。これに対して、各領域が、それぞれの領域毎に最適な異なる非球面で構成された収差補正素子は、各領域毎に、球面収差およびパワー成分が発生しないに設計することが可能になるため、レンズ装置の特性をより向上させることが可能になる。

また、収差補正素子 2 2 は、半導体レーザ 2 6 の基準波長が 420 nm 以下である場合に最も効果を奏する。一般に、波長が 420 nm 以下の短波長領域では、ガラス等の光学材料の分散が非常に大きいので、光学系の軸上色収差も非常に大きくなる傾向にある。したがって、半導体レーザの波長がわずかでも変化すると、大きな軸上色収差が発生してしまう。大きな軸上色収差が発生すると、トラッキングできなくなる可能性があり、安定して記録・消去・再生ができなくなってしまう。このような波長域で用いられるレンズ装置に収差補正素子 2 2 を設けると、半導体レーザ 2 6 の基準波長が変化しても、軸上色収差が補正されているので、安定してトラッキングを行うことができる。

また、収差補正素子 2 2 は、回折面 S 1 あるいは位相段差面 S 3 を適宜設計することにより、収差補正素子において発生する球面収差を調整し、対物レンズ以外の光学系で使用するレンズ素子（例えば、コリメートレンズ 2 4 や情報記録面 2 9 に設けられた保護層など）に起因する軸上色収差を補正することが可能である。

また、収差補正素子 2 2 は、設計される回折の次数として +1 次としたが、一般に $\pm m$ 次（ m ：整数）のいずれを用いてもよい。また、実施の形態のレンズ装置において、対物レンズ 2 は、単レンズからなるもので説明したが、複数枚の組みレンズからなるものであってもよい。

また、実施の形態 2 のレンズ装置では、収差補正素子 2 2 に平行光束が入射するようにしているが、非平行光束であってもよい。また、実施の形態 2 のレンズ装置では、収

差補正素子 22 対物レンズ 23 の間を平行光束としているが、非平行光束であってもよい。また、収差補正素子 22 は、光源側に回折面を配置し、光情報記録媒体側に位相差面を配置しているが、逆に光源側に位相差面を配置し、光情報記録媒体側に回折面を配置してもよい。

以上説明したように、実施の形態 2 に係る収差補正素子は、基準波長の光束に対しては球面収差を発生させず、基準波長からずれた波長の光束に対して球面収差を発生させることができる。そして、この球面収差を回折面の球面収差を協働させることにより、回折面の輪帯数を多数形成することなく、かつ輪帯の幅を小さくすることもなく、所望の大きな球面収差を発生させることができる。また、実施の形態に係る収差補正素子は、樹脂で製造することができ、容易に製造可能である。

また、この収差補正素子をレンズ装置に適用すると、光源に用いられる半導体レーザの個体バラツキが大きかったり、温度変化により発振波長が変化したりして、発振波長が基準波長からずれた場合であっても、光束を光情報記録媒体上に集光して良好にスポットを形成することができる。

さらに、このレンズ装置を光ピックアップ装置に適用すると、光源に用いられる半導体レーザが個体バラツキが大きかったり、温度変化により発振波長が変化したりして、発振波長が基準波長からずれた場合であっても、トラッキングエラーを生じることなく良好に光情報記録媒体上に情報を記録したり、光情報記録媒体から情報を消去したり、

光情報記録媒体から情報を読み出したりすることができる。

(数値実施例 2)

以下に、実施の形態 2 に係るレンズ装置に関して、具体的な数値実施例を説明する。収差補正素子 22 は、設計波長は 410 nm を基準波長として設計した。また、光束は、収差補正素子 22 に平行光束が入射するものとし、出射側の平行光束の直径は対物レンズ 23 の入射面で 2.21 mm とした。また、回折面に形成される位相格子は超高屈折率法により表現した (超高屈率法については、William C. Sweatt : Describing holographic optical elements as lenses : Journal of Optical Society of America, Vol. 67, No. 6, June 1977)。

また、非球面形状は、以下の (数 2) で与えられる。

$$X = \frac{C_j h^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k_j) C_j^2 h^2}} + \sum A_{j,n} h^n \quad (\text{数 } 2)$$

ただし、各符号の意味は以下の通りである。

X : 光軸からの高さが h の非球面上の点の非球面頂点の接平面からの距離

h : 光軸からの高さ

C_j : レンズ第 j 面の非球面頂点の曲率

(C_j = 1 / R_j : R_j は第 j 面の曲率半径)

K_j : レンズ第 j 面の円錐定数

A_{j, n} : レンズの第 j 面の n 次の非球面係数

(j = 3, 4, 5)

表 6 に、数値実施例 2 のレンズ装置と光情報記録媒体に関する数値データを示す。ただし、表 6 において、 r_j は第 j 面の曲率半径、 d_j は第 j 番目の軸上面間隔、 n_{410} は波長 410 nm に対する媒質の屈折率、 ν はアッペ数をそれぞれ表す。

表 6

	番号	面	r	d	n_{410}	ν
収差補正素子	1	s1	100000.000	0.000	4101.3141	-3.45
	2	s2	平面	1.000	1.52256	56.4
	3	s3	12.402000	2.000		
対物レンズ	4	s4	1.089951	1.90681	1.77717	45.6
	5	s5	-3.138721	0.2428		
光情報記録媒体	6	s6	平面	0.100	1.61580	56.4
	7	s7	平面			

数値実施例 2 は、収差補正素子 22 の光源側の面を回折面 S1 と、出射側、すなわち対物レンズ 23 側の面を位相段差面 S3 とし、対物レンズ 23 の軸上色収差を補正している。また、数値実施例 2 は、収差補正素子 22 の光源側の回折面 S1 の回折パワーの絶対値と対物レンズ側の位相段差面 S3 の屈折パワーを負とし、それぞれの絶対値を同じにすることにより、収差補正素子 22 のトータルのパワーを 0 としている。また、数値実施例 2 は、1 次回折光が最大の回折光量を有するように設計されている。

表 7 は、数値実施例 2 の第 3 面 S3、第 4 面 S4、第 5 面 S5（表 6 参照）の非球面係数を示す数値である。なお、第 3 面 S3 は、位相段差で接続したとき単一の非球面定義式により規定される面である。表 8 は、収差補正素子 22 に形成された位相段差面 S3 の数値を示す。

表 7

	第3面		第4面		第5面
k3	-0.8360125	k4	32.3466	k5	0
A3,4	0.035208012	A4,4	0.24439222	A5,4	-0.000020379
A3,6	0.035187945	A4,6	14.387668	A5,6	3.47975E-08
A3,8	-0.091241412	A4,8	-164.43004	A5,8	-1.23535E-07
A3,10	0.14573377	A4,10	722.13658	A5,10	3.3379E-07
A3,12	-0.077937629	A4,12	-730.28298		
A3,14	-0.015357262	A4,14	-3352.4269		
A3,16	0.01649441	A4,16	7626.1256		

表 8

領域	半径 [mm]	位相段差	厚さとの差 (段差深さ) [mm]
1	0.60	-	-
2	0.78	A2	0.000785
3	0.85	A3	0.000785
4	0.94	A4	0.000785
5	1.00	A5	0.000785

表 8 に示すように、位相段差面 S 3 は、光軸 P から領域 1 ～ 領域 5 において、領域 1 と領域 2 との段差（厚みの差）、領域 2 と領域 3 との段差、領域 3 と領域 4 との段差、領域 4 と領域 5 との段差の全てが波長 410 nm に対して 2π の位相差を与えるように、同じ光軸方向の大きさを持つ。

図 10 は、数値実施例 2 のレンズ装置の波長 410 nm \pm 10 nm における球面収差を示すグラフである。図中、横軸は光軸方向の長さを表し、基準波長 410 nm の場合の軸上像点を原点に取っている。また、図中、縦軸は、収差補正素子 22 に入射する平行光束の半径を表し、有効径で規格化している。図 10 において、軸上色収差は、各波

長の曲線における横軸上の間隔に相当する。図 10 から確認できるように、数値実施例 2 のレンズ装置は、波長に関わらず光軸方向の焦点位置のずれがほとんど移動していない。

数値実施例 2 におけるレンズ装置を、位相段差を持たない点を除き、他の条件はすべて同一のレンズ装置（比較例）と比較したところ、数値実施例 2 におけるレンズ装置の対物レンズの焦点で発生するデフォーカス量が 410 nm 付近で波長 1 nm 変化当たり約 $4\text{ m}\lambda$ 低減されており、波長変化による焦点の光軸方向のずれ量が 1 nm 変化当たり $0.013\text{ }\mu\text{m}$ 低減されていた。

数値実施例 2 において、デフォーカス量及び軸上色収差の低減量をさらに大きくするためには、位相段差構造の領域数を増やすか、段差深さを大きくして位相差量を 2π の 2 倍、3 倍・・・にすることで可能となる。すなわち、同じ収差補正量を持つ回折構造を有する素子において、位相段差を設けることにより、色収差補正量を増やすことができる。

（数値実施例 3）

数値実施例 3 は、数値実施例 2 と同様の構成において、位相段差のみ表 9 に示すように、波長 410 nm に対して 2π の整数倍の位相差を与えるように段差深さを設定したものである。したがって、数値実施例 3 では各段差の深さは一様でない。

表 9

領域	半径 [mm]	位相段差	厚さとの差 (段差深さ) [mm]
1	0.60	—	—
2	0.78	A2	0.006280
3	0.85	A3	0.005495
4	0.94	A4	0.003925
5	1.00	A5	0.003925

対物単レンズ 3 は、 NA が 0.8 以上であり、基準波長から数 nm ずれた際に発生する球面収差の量が周辺にいくにしたがって急激に増加する。したがって、軸上色収差を補正するために発生させる球面収差の量も、周辺にいくにしたがって増やす必要がある。

数値実施例 3 の収差補正素子 6 を用いたレンズ装置を、位相段差を持たない点を除き、他の条件はすべて同一のレンズ装置（比較例）と比較したところ、数値実施例 3 による装置の対物レンズ焦点で発生するデフォーカス量が、 410 nm 付近で波長 1 nm 変化当たり約 $27\text{ m}\lambda$ 低減されており、波長変化による焦点の光軸方向のずれ量が 1 nm 変化当たり $0.078\text{ }\mu\text{m}$ 低減されていた。

数値実施例 3 において、位相段差を設けることによって軸上色収差を良好に補正できることを示したが、位相段差によって高次の球面収差も増えるため、全収差は半分程度にしか減らない。全体の収差を減らすには、領域の数を増やせばよい。特に、3 次球面収差の変化を減らすには、収差補正素子 22 で発生する位相差を大きく取ればよい。

（その他の実施の形態）

以上説明した実施の形態 1 の収差補正素子に、実施の形

態 2 で説明した位相段差を形成してもよい。実施の形態 1 の収差補正素子に位相段差を形成することにより、より高性能の光ピックアップ用レンズ装置を提供することができる。

産業上の利用可能性

本発明は、C D - R O M ・ C D - R ・ C D - R W ・ D V D - R O M ・ D V D - R ・ D V D + R ・ D V D - R W ・ D V D + R W ・ H D - D V D ・ B l u - R a y D i s k 等の情報記録媒体の書込み・再生・消去を行う情報記録再生装置等に適用可能であり、特に、次世代 D V D である H D - D V D ・ B l u - R a y D i s k 等の 4 2 0 n m 以下の波長の光束を用いた高密度記録の情報記録媒体の書込み・再生・消去を行う情報記録再生装置等に好適である。

請求の範囲

1. 光源から放射された 390 nm から 420 nm の波長域の光束を情報記録媒体上に集光してスポットを形成することにより、情報の読み出し、書込み、消去の内の少なくとも一つを行う光ピックアップ装置に用いられる光ピックアップ用レンズ装置であって、前記光源側から順に、

前記光源から放射された前記光束の光軸の方向に沿って移動可能に保持され、前記光束を平行光もしくは所定の収束又は発散光に変換するコリメート手段と、

前記コリメート手段から放射された光束を透過する収差補正素子と、

開口数が 0.8 以上であり、前記収差補正素子から出射した光束を前記情報記録媒体上に集光してスポットを形成する対物レンズ素子とを備え、

前記収差補正素子と前記対物レンズ素子とは、前記情報記録媒体のトラッキングを行うために、前記光軸に直交する方向に一体的に保持されており、

以下の条件を満足する、光ピックアップ用レンズ装置：

$$-0.1 \leq CA_t \leq 0.1 \quad \dots (1)$$

$$-20 \leq CA_f \leq 20 \quad \dots (2)$$

$$-20 \leq CA_m \leq 0 \quad \dots (3)$$

$$-0.25 \leq \theta_f \leq 0.25 \quad \dots (4)$$

$$-0.75 \leq \theta_m \leq 0.75 \quad \dots (5)$$

但し、

CA_t : 全光学系の軸上色収差 [$\mu m / nm$]

$C A f$: コリメート手段の軸上色収差 $[\mu m / nm]$

$C A m$: 収差補正素子の軸上色収差 $[\mu m / nm]$

θf : コリメート手段の出射光束の単位波長当たりの角度変化量 $[min / nm]$

θm : 収差補正素子の出射光束の単位波長当たりの角度変化量 $[min / nm]$

である。

2. 前記収差補正素子は、前記対物レンズ素子とは別体に設けられた回折により光束を偏向するパワーを持つ回折レンズである、請求項1に記載の光ピックアップ用レンズ装置。

3. 前記収差補正素子は、前記対物レンズ素子とは別体に設けられた素子であって、前記光軸を中心とする同心円によって規定される輪帯状の複数の領域と、前記領域間の境界部に形成される位相段差とを含む位相段差面を持つ、請求項1に記載の光ピックアップ用レンズ装置。

4. 情報記録媒体上に光束を集光してスポットを形成することにより、情報の読み出し、書込み、消去の内の少なくとも一つを行う光ピックアップ装置であって、

390 nm から 420 nm の波長域の光束を放射する光源と、

前記光源から放射された前記光束の光軸の方向に沿って移動可能に保持され、前記光束を平行光もしくは所定の収束又は発散光に変換するコリメート手段と、

前記コリメート手段から放射された光束を透過する収差補正素子と、

開口数が 0.8 以上であり、前記収差補正素子から出射した光束を前記情報記録媒体上に集光してスポットを形成する対物レンズ素子とを備え、

前記収差補正素子と前記対物レンズ素子とは、前記情報記録媒体のトラッキングを行うために、前記光軸に直交する方向に一体的に保持されており、

以下の条件を満足する、光ピックアップ装置：

$$- 0.1 \leq CA_t \leq 0.1 \quad \cdot \cdot (1)$$

$$- 20 \leq CA_f \leq 20 \quad \cdot \cdot (2)$$

$$- 20 \leq CA_m \leq 0 \quad \cdot \cdot (3)$$

$$- 0.25 \leq \theta_f \leq 0.25 \quad \cdot \cdot (4)$$

$$- 0.75 \leq \theta_m \leq 0.75 \quad \cdot \cdot (5)$$

但し、

CA_t ：全光学系の軸上色収差 [$\mu m / nm$]

CA_f ：コリメート手段の軸上色収差 [$\mu m / nm$]

CA_m ：収差補正素子の軸上色収差 [$\mu m / nm$]

θ_f ：コリメート手段の出射光束の単位波長当たりの角度変化量 [min / nm]

θ_m ：収差補正素子の出射光束の単位波長当たりの角度変化量 [min / nm]

である。

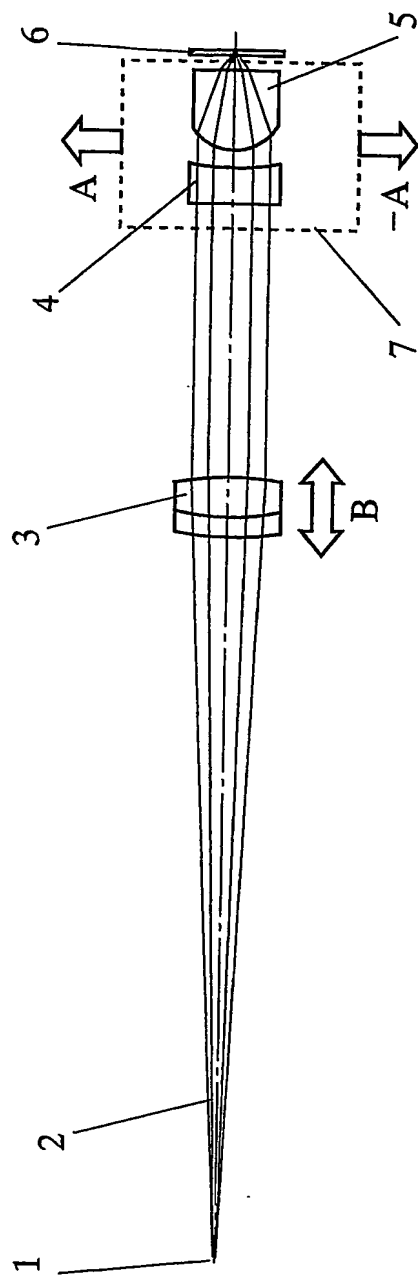


Fig. 1

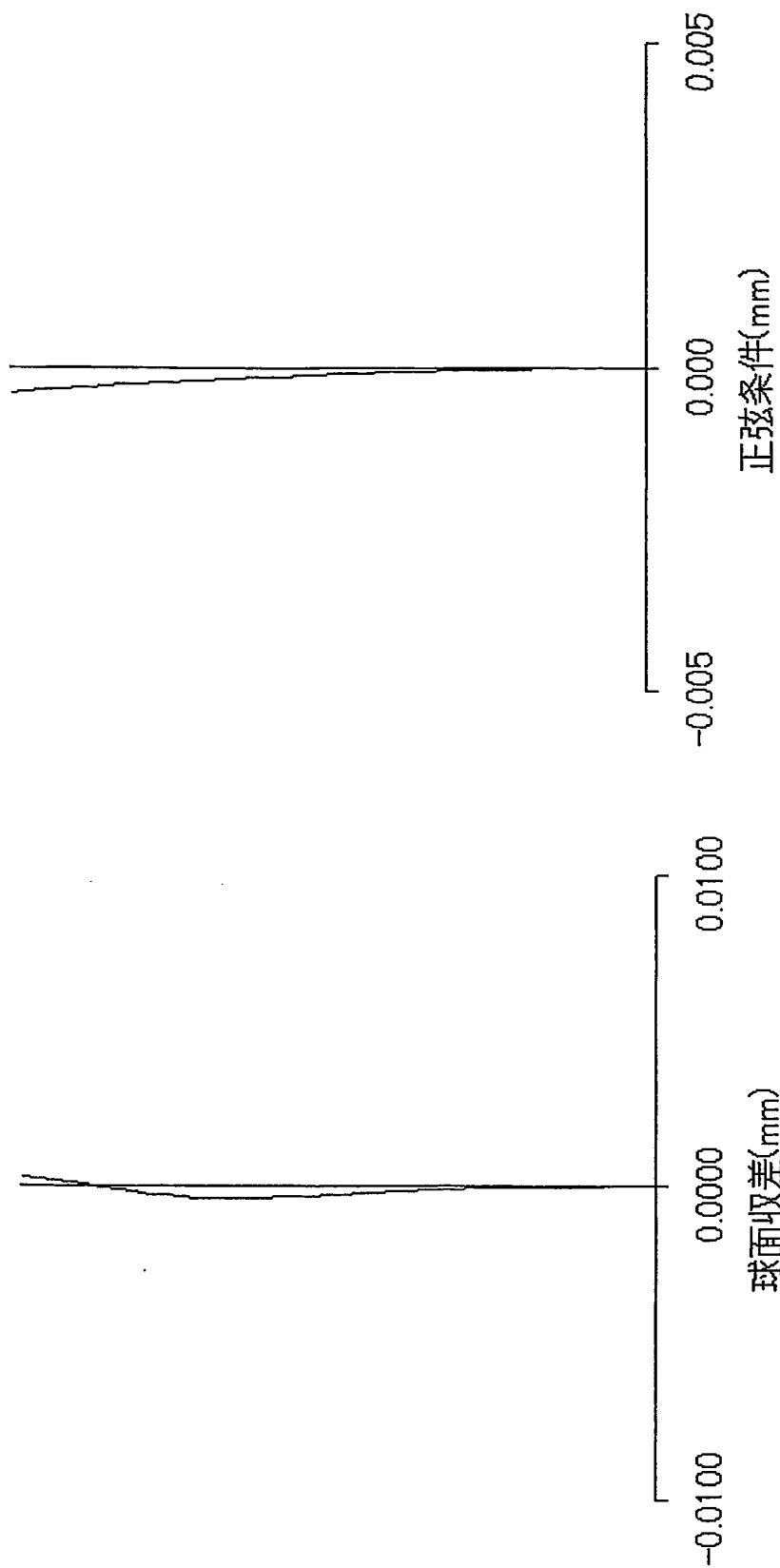


Fig. 2(a)

Fig. 2(b)

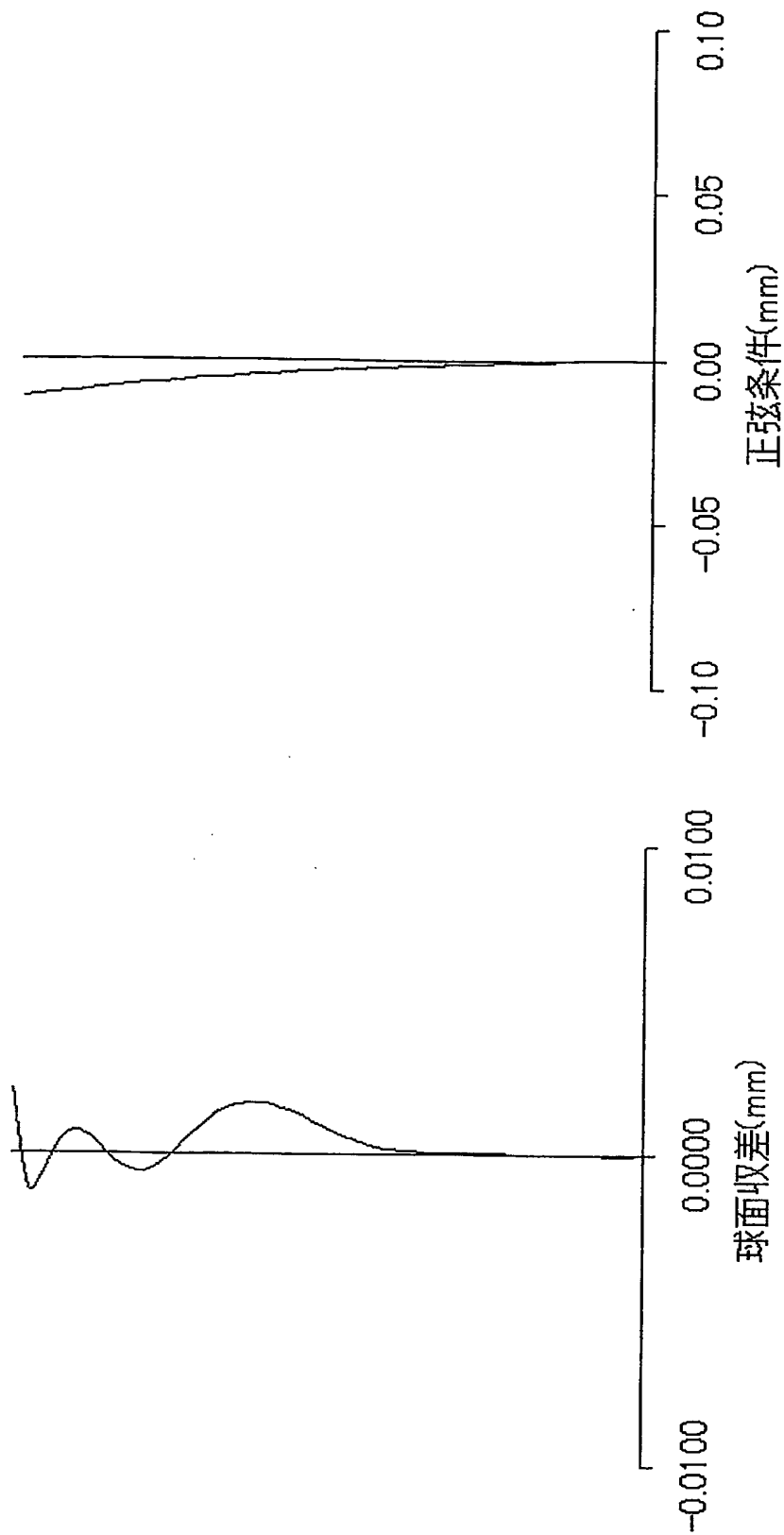


Fig. 3(a)

Fig. 3(b)

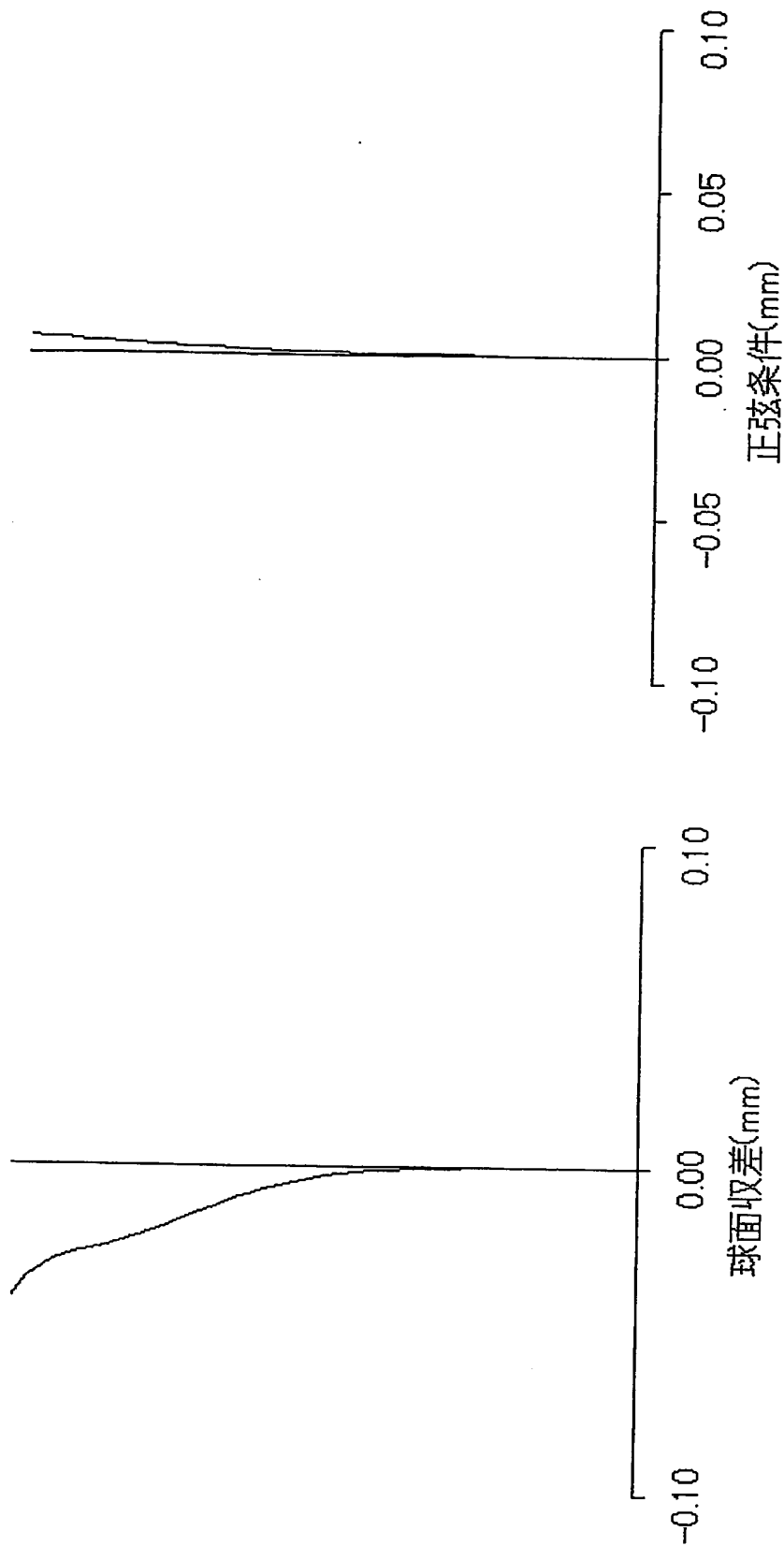


Fig. 4(b)

Fig. 4(a)

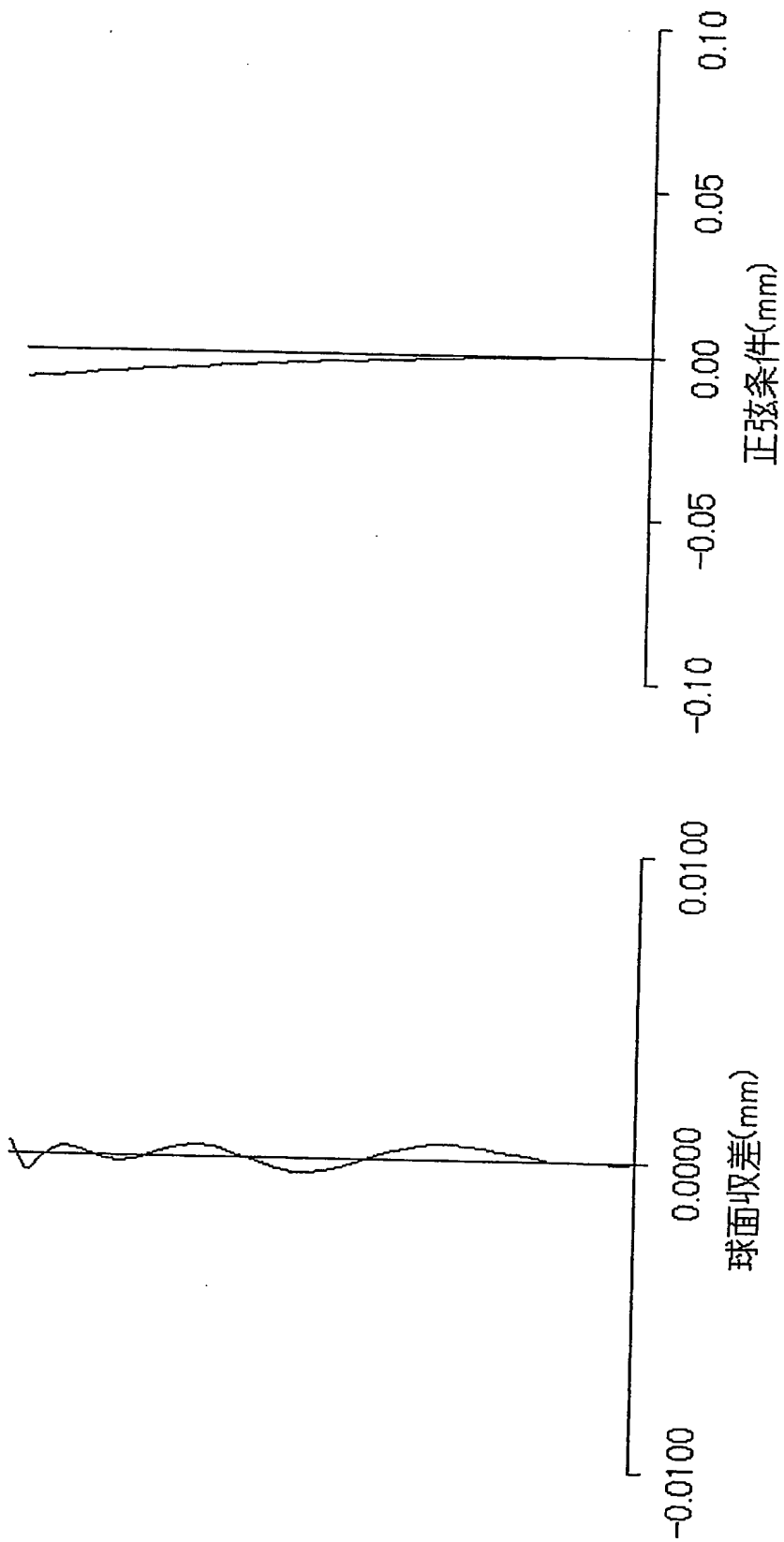


Fig. 5(a)

Fig. 5(b)

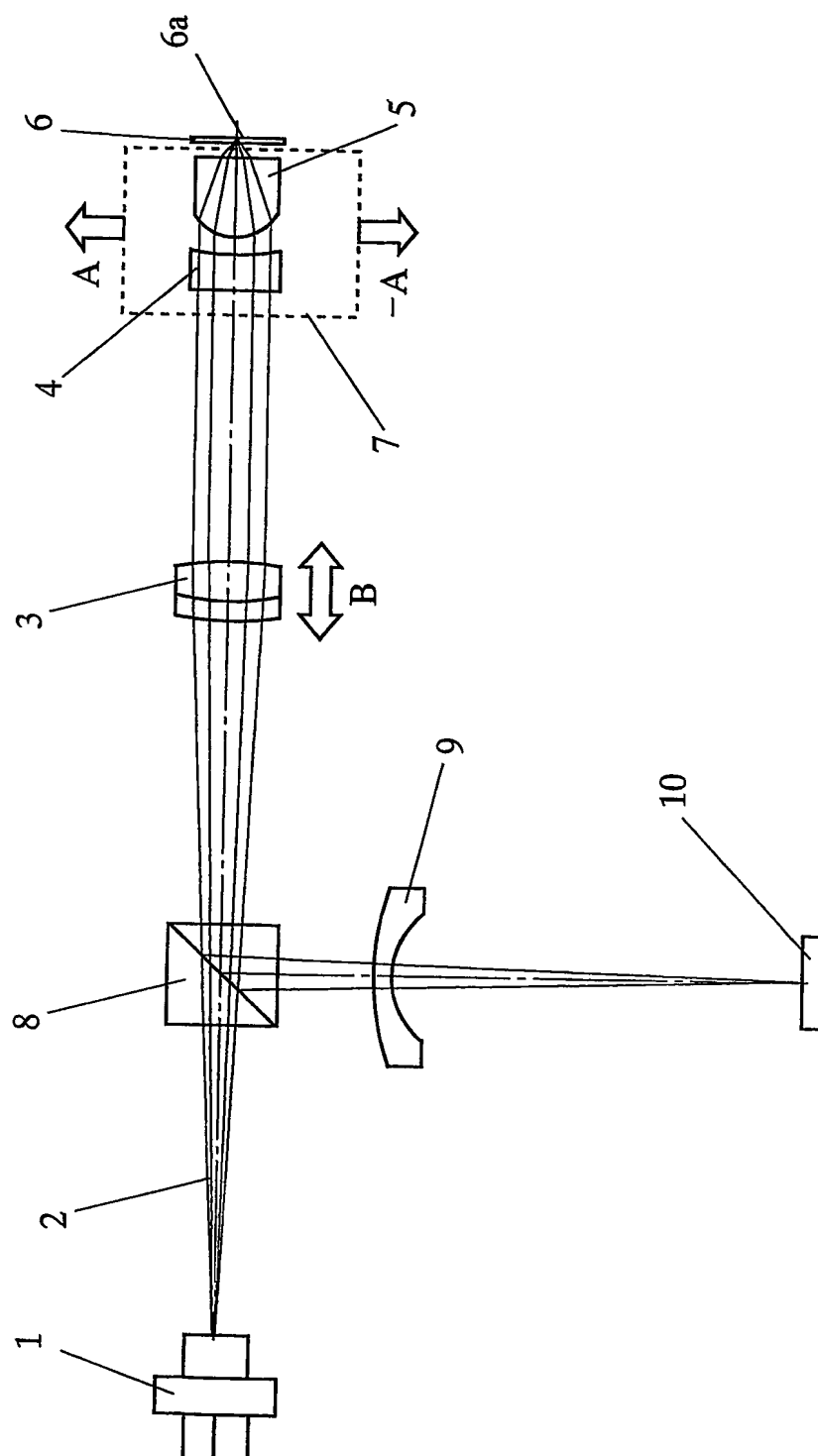


Fig. 6

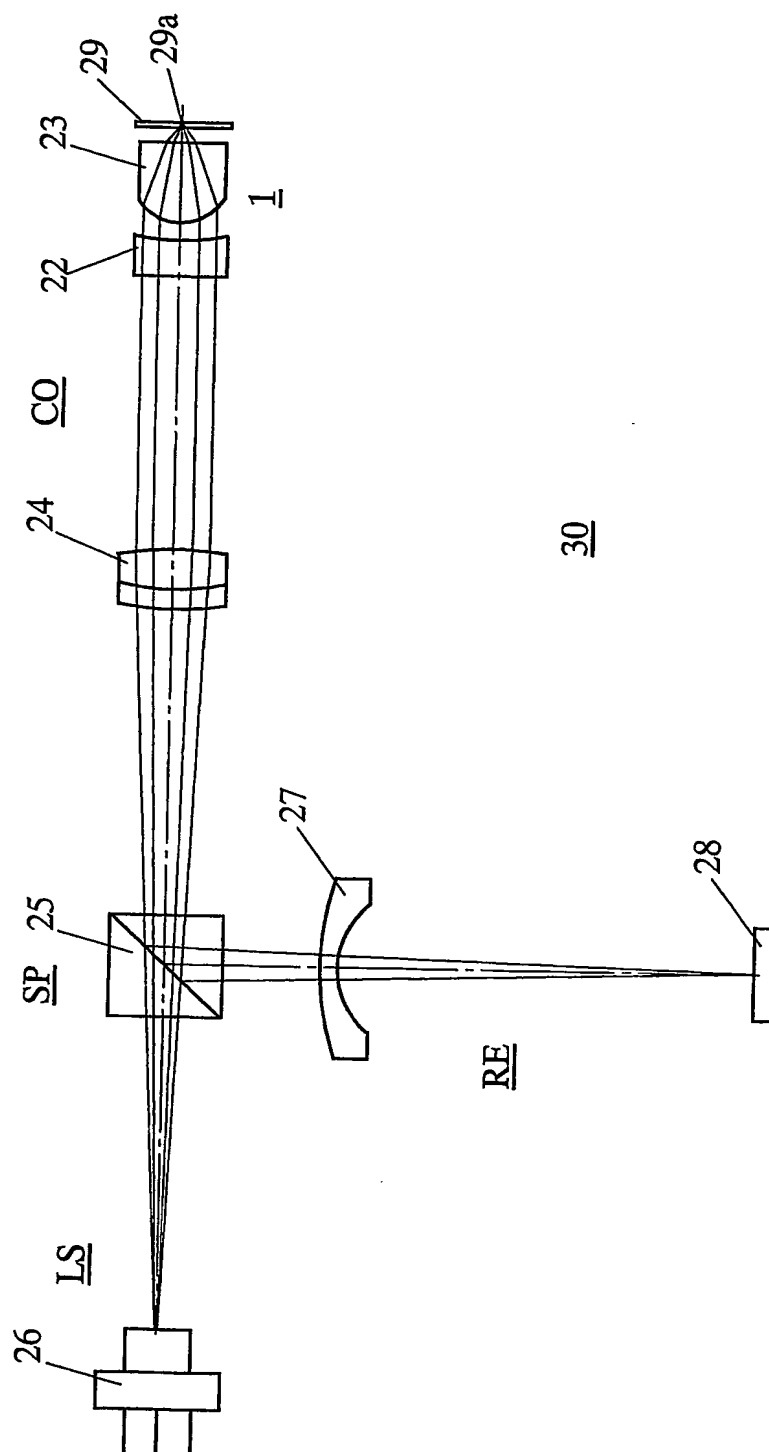


Fig. 7

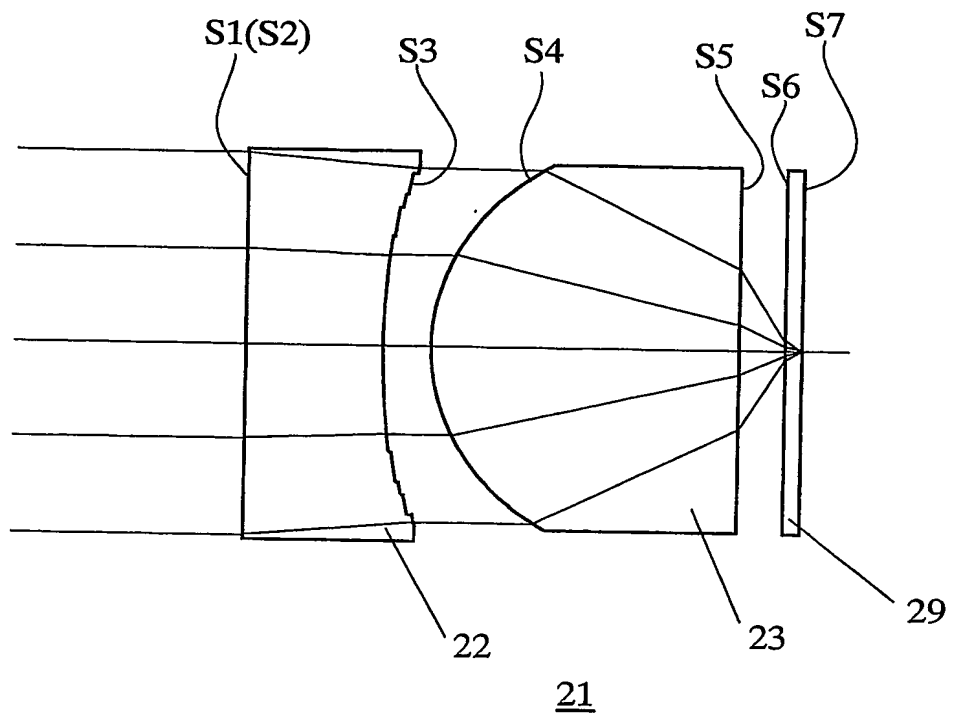


Fig. 8

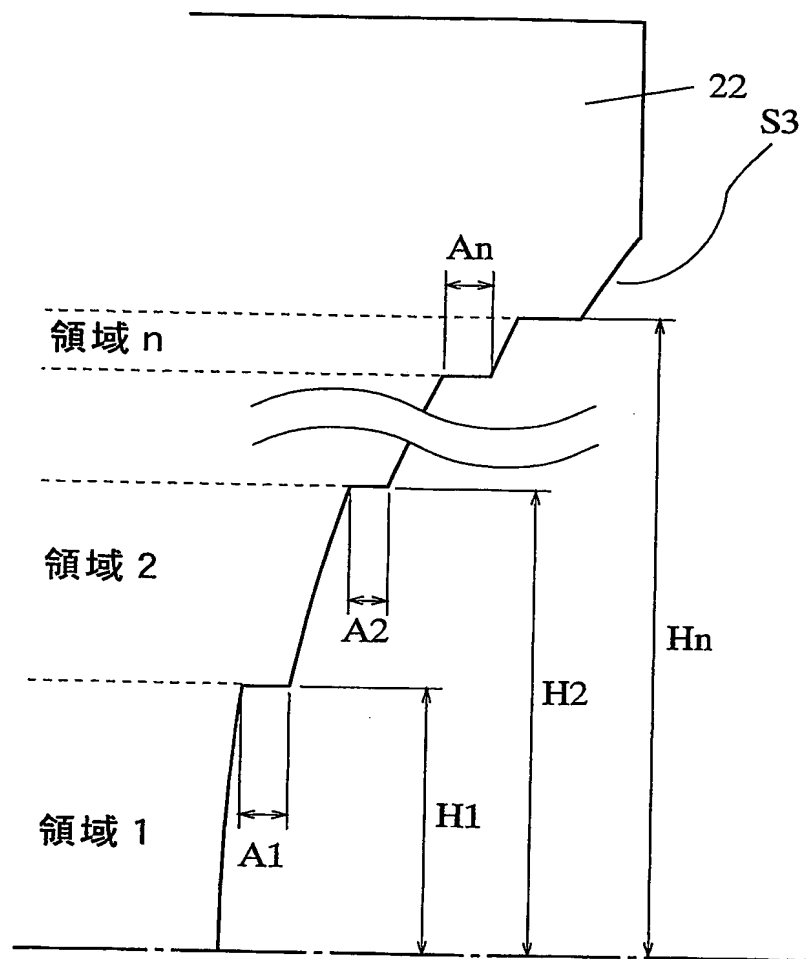


Fig. 9

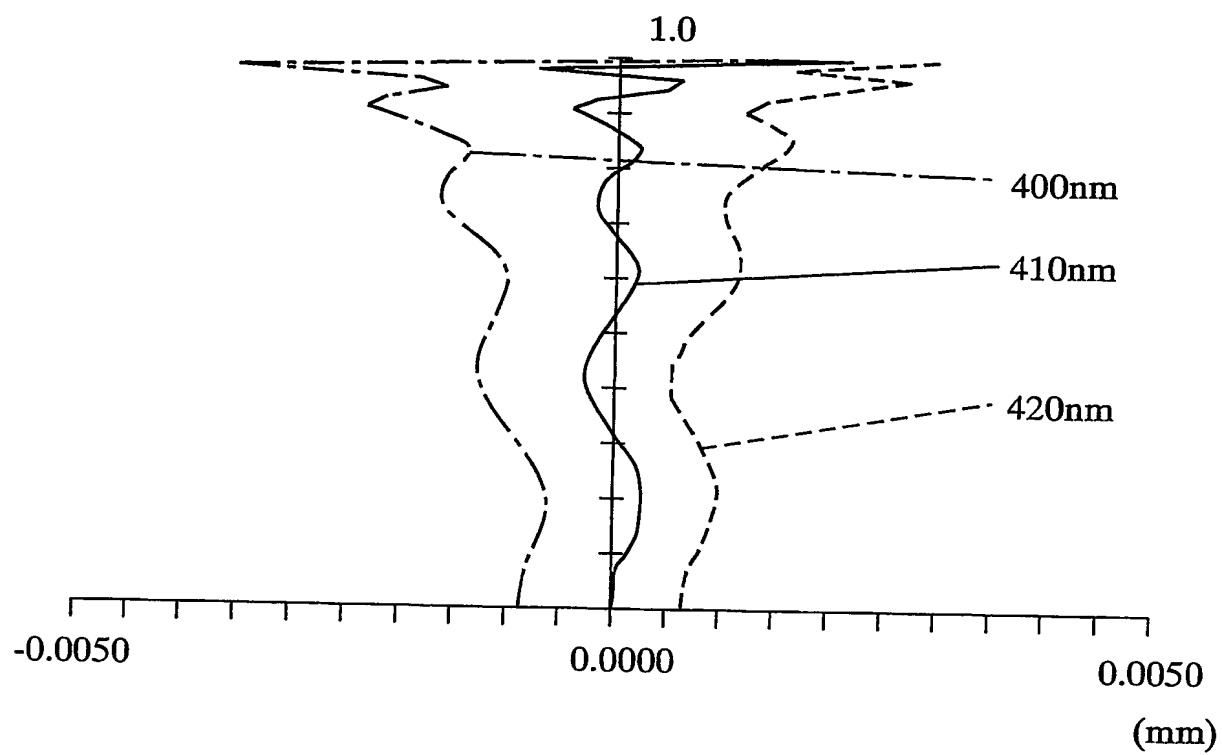


Fig. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010159

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G11B7/135

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G11B7/135Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-67701 A (Sony Corp.), 16 March, 2001 (16.03.01), Full text; Figs. 1 to 10 (Family: none)	1-4
A	JP 2003-59080 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 28 February, 2003 (28.02.03), Full text; Figs. 1 to 9 & WO 03/17263 A1	1-4
A	JP 2003-84196 A (Konica Corp.), 19 March, 2003 (19.03.03), Full text; Figs. 1 to 18 (Family: none)	1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 November, 2004 (01.11.04)Date of mailing of the international search report
22 November, 2004 (22.11.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010159

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	JP 2004-71134 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 04 March, 2004 (04.03.04), Full text; Figs. 1 to 28 & US 2003/227858 A1 & EP 1372147 A2 & CN 1467528 A	1-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G11B 7/135

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G11B 7/135

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2001-67701 A (ソニー株式会社) 2001.03.16 全文, 図1-10 (ファミリーなし)	1-4
A	J P 2003-59080 A (松下電器産業株式会社) 2003.02.28 全文, 図1-9 & WO 03/17263 A1	1-4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01.11.2004

国際調査報告の発送日

22.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

五貫 昭一

5D

9368

電話番号 03-3581-1101 内線 3550

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2003-84196 A (コニカ株式会社) 2003.03.19 全文, 図1-18 (ファミリーなし)	1-4
P, A	J P 2004-71134 A (松下電器産業株式会社) 2004.03.04 全文, 図1-28 & US 2003/227858 A1 & EP 1372147 A2 & CN 1467528 A	1-4